

**ANALISIS *STRESS* PADA PANEL KOMPOSIT
BODY ANGKUTAN PUBLIK MELALUI SIMULASI DIMENSI
DUA (2-D) DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN
HINGGA (MEH)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh :

HERU PUJIYANTO

NIM. 10403033

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2010

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS *STRESS* PADA PANEL KOMPOSIT
BODY ANGKUTAN PUBLIK MELALUI SIMULASI DIMENSI
DUA (2-D) DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN
HINGGA (MEH)**

Disusun oleh :

Heru Pujiyanto
NIM. 10403033

Dosen Pembimbing I

Eko Prasetya B., ST., MT.
NIP. 19710926 199903 1 002

Dosen Pembimbing II

Wijang Wisnu R., Ir., MT.
NIP. 19681004 199903 1 002

Telah dipertahankan dan disetujui Tim Dosen Penguji pada hari Senin tanggal
23 Agustus 2010.

1. Purwadi Joko W., ST., MKom.
NIP. 19730126 199702 1 001
2. Wahyu Purwo K., ST., MT.
NIP. 19720229 200012 1 001
3. Kuncoro Raharjo, ST., MT., Dr., Prof.
NIP. 19410105 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dody Ariawan, ST., MT.
NIP. 19730804 199903 1 003

Koordinator Tugas Akhir

Wahyu Purwo Raharjo, ST., MT.
NIP. 19720229 200012 1 001

MOTTO & PERSEMBAHAN

“Jangan merasa ragu akan kasih sayang Allah kepadamu”

“Wa man yattaqillaha yajal lahu makhinagh = Dan siapa yang bertaqwa pada Allah, maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya”

“Seseorang dengan tujuan yang jelas akan membuat kemajuan walaupun melewati jalan yang sulit, seseorang yang tanpa tujuan tidak akan membuat kemajuan walaupun ia berada dalam jalan yang mulus”

Thomas Carlyle

“Reaction = product + residue
Hard work = success + luck”

J. Davenport

“Today is time to finish it”
V. Harbrian

“You’ll Never Walk Alone”
Liverpudlian

“Jangan tanya ran apa yang telah diberikan negerimu untukmu, tapi tanyakan apa yang bisa kamu berikan untuk negerimu”

“Tempos edax, home eduxior! = Waktu kejam, tapi manusia lebih kejam lagi!”
vinor nujo

“Ya Allah, matikanlah aku dalam keadaan mati syahid di jalanMu, amin...”

Karya ini dipersembahkan kepada:

- ✿ Ibunda Suyatmi yang melahirkan aku
- ✿ Ibunda Suyatmi yang merawat aku
- ✿ Ibunda Suyatmi yang mendidik aku
- ✿ Ayahanda Yono W darto
- ✿ Kakak-kakakku dan keponakanku
- ✿ Keluarga Besar Teknik Mesin UNS
- ✿ Segenap Liverpudlian yang selalu setia



*Tela-tela community, team futsal Arendo,
teman-teman FB.*

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

**ANALISIS *STRESS* PADA PANEL KOMPOSIT
BODY ANGKUTAN PUBLIK MELALUI SIMULASI DIMENSI DUA
 (2-D) DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA (MEH)**

ABSTRAK

Struktur komposit *sandwich* telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi di bidang transportasi. Salah satunya adalah untuk pembuatan panel *body* dan lantai angkutan publik. Oleh karena itu studi tentang struktur ini diperlukan untuk mengetahui berbagai karakteristik dari bahan ini, terutama tegangan dan defleksi yang terjadi. Sampah kota dapat dipertimbangkan sebagai bahan *core* komposit *sandwich*.

Desain komposit *sandwich* ini dilakukan dengan membuat model dimensi dua (2-D). Dengan memasukkan nilai pembebanan dan propertis bahan, tegangan dan defleksi yang terjadi dapat diketahui dengan menjalankan program *stress*. Dalam tugas akhir ini dilakukan variasi propertis *core* dan ketebalan *skin* dan *core*. Propertis *core* yang digunakan adalah model 4T dan 8T untuk atap dan lantai, model 2T dan 4T untuk dinding. Komposit dibuat dengan variasi ketebalan 393, 474 dan 555.

Hasil perhitungan dan analisa menunjukkan *core* sampah kota mampu mereduksi tegangan dan defleksi dengan nilai yang cukup besar. Panel atap yang paling baik digunakan adalah variasi 555 *core* 8T dengan tegangan maksimum sebesar 10,46 KPa dan defleksi sebesar 0,22 mm. Panel dinding yang paling baik digunakan adalah variasi 555 *core* 2T dengan tegangan maksimum sebesar 8,57 KPa dan defleksi sebesar 0,8 mm. Panel lantai yang paling baik digunakan adalah variasi 555 *core* 8T dengan tegangan maksimum sebesar 9,15 KPa dan defleksi sebesar 0,06 mm.

Kata kunci : komposit *sandwich*, sampah kota, tegangan, defleksi, modulus elastisitas, simulasi MEH.

**STRESS ANALYSIS AT COMPOSITE PANEL
OF PUBLIC TRANSPORT BODY THROUGH TWO DIMENSION (2-D)
SIMULATION WITH APPROACH OF FINITE ELEMENT METHOD
(FEM)**

ABSTRACT

Structure of sandwich composite have used to many various application in transportation area. One of them is for making panel of body and floor the public transport. Therefore study about this structure is required to know various characteristic of this material, specially stress and deflection that happened. Town garbage can be considered as core of sandwich composite.

Design of sandwich composite is done by making the two dimension (2-D) model. By entering the load and material properties value, stress and deflection knowable by running the stress program. In this final project is done with making variation properties of core and thickness of skin and core. 4T and 8T model is used for roof and floor, 2T and 4T model is used for wall. The variation of thickness are 303, 474 and 555.

Result and analysis show that town garbage core can reduce the value of stress and deflection. The best variation of roof panel is thickness 555 core 8T with maximum stress equal to 10.16 KPa and deflection equal to 0.22 mm. The best variation of wall panel is thickness 555 core 2T with maximum stress equal to 8.57 KPa and deflection equal to 0.18 mm. The best variation of floor panel is thickness 555 core 8T with maximum stress equal to 9.15 KPa and deflection equal to 0.20 mm.

Keyword : sandwich composite, town garbage, stress, deflection, elasticity modulus, FEM simulation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat ridho-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan berjudul "*Analisis Stress Pada Panel Komposit Body Angkutan Publik Melalui Simulasi Dimensi Dua (2-D) Dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga (MEH)*". Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Eko Prasetyo B., ST., MT. selaku pembimbing I dan Bapak Wijang W R., ST., MT. selaku pembimbing II yang dengan sabar dan penuh semangat dan kesabaran telah memberikan berbagai bantuan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dody Ariawan, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS.
3. Bapak Puwadi Joko W., ST., MT., Bapak Wahyu Purwo R., ST., MT. dan Bapak Kuncoro Diharjo, ST., MT., Dr., Prof. selaku dosen penguji yang telah mengevaluasi skripsi ini dengan seksama.
4. Bapak Irfan Mukhar, MSCE. selaku Dekan Fakultas Teknik UNS.
5. Bapak Nurul Muhayat, ST., MT. dan Bapak Eko Prasetyo B., ST., MT. selaku pembimbing akademik.
6. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNS yang telah banyak menyampaikan ilmunya kepada penulis baik akademis maupun non akademis.
7. Kedua orang tua dan kakak-kakak yang selalu sabar mendukungku.
8. Teman satu penelitianku Apri Joko Prasetyo dan Arif Budi Setyawan yang selalu kompak dan mendukung satu sama lain.
9. Teman-teman Angkatan 2003 Teknik Mesin FT UNS.
10. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan baik dari isi maupun penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, bila ada saran, koreksi dan kritik yang membangun akan penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini.

Dengan segala keterbatasan yang ada, penulis berharap skripsi ini dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 23 Agustus 2010

Penulis

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Pernyataan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II. LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Prastak	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Kajian Teori Komposit	6
2.2.2 Kekuatan <i>Berding</i>	10
2.2.3 Teori Elastisitas	11
2.2.4 Kajian Metode Elemen Hingga	15
BAB III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Metodologi Penelitian	18
3.1.1 Alat-alat yang digunakan	18
3.1.2 Bahan yang digunakan	18
3.1.3 Metode Penelitian	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	23
BAB IV. DATA DAN ANALISA	24
4.1 Data Angkutan Publik	24
4.1.1 Desain Beban Atap	25

4.1.2 Desain Beban Dinding	26
4.1.3 Desain Beban Lantai	28
4.2 Hasil dan Analisa	29
4.2.1 Analisa Tegangan	29
4.2.1.1 Analisa Tegangan Pada Atap	29
4.2.1.2 Analisa Tegangan Pada Dinding	30
4.2.1.3 Analisa Tegangan Pada Lantai	31
4.2.2 Analisa Defleksi	33
4.2.2.1 Analisa Defleksi Pada Atap	33
4.2.2.2 Analisa Defleksi Pada Dinding	34
4.2.2.3 Analisa Defleksi Pada Lantai	35
BAB V. PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38

EVALUATION

VALUTAZIONE

EVALUATION

EVALUACIÓN

EVALUATION

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Bahan <i>skin</i> panel atap.....	26
Tabel 4.2. Bahan <i>core</i> panel atap.....	26
Tabel 4.3. Bahan <i>skin</i> panel dinding.....	27
Tabel 4.4. Bahan <i>core</i> panel dinding.....	27
Tabel 4.5. Bahan <i>skin</i> panel lantai.....	28
Tabel 4.6. Bahan <i>core</i> panel lantai.....	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Penampang komposit <i>sandwich</i>	8
Gambar 2.2. Pengujian <i>Three point bending</i> panel komposit <i>sandwich</i> ...	10
Gambar 2.3. Defleksi pada balok <i>sandwich</i>	11
Gambar 2.4. Enam komponen tegangan	12
Gambar 3.1. Body mobil angkutan publik secara keseluruhan.....	18
Gambar 3.2. Pembebanan pada panel atap, dinding dan lantai.....	19
Gambar 3.3. Desain mesh pada panel atap, dinding dan lantai	19
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4.1. Panel komposit atap, dinding dan lantai	24
Gambar 4.2. Struktur komposit penyusun atap, dinding dan lantai	25
Gambar 4.3. Desain beban atap untuk aplikasi MEH	25
Gambar 4.4. Desain beban dinding untuk aplikasi MEH.....	27
Gambar 4.5. Desain beban lantai untuk aplikasi MEH	28
Gambar 4.6. Hubungan tegangan arah x (σ_x) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada atap	29
Gambar 4.7. Hubungan tegangan arah y (σ_y) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada atap	29
Gambar 4.8. Hubungan tegangan arah x (σ_x) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada dinding	30
Gambar 4.9. Hubungan tegangan arah y (σ_y) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada dinding	31
Gambar 4.10. Hubungan tegangan arah x (σ_x) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada lantai	32
Gambar 4.11. Hubungan tegangan arah y (σ_y) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada lantai	32
Gambar 4.12. Hubungan defleksi dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada atap	33

Gambar 4.13. Hubungan defleksi (δ) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada dinding	34
Gambar 4.14. Hubungan defleksi (δ) dengan variasi ketebalan <i>skin</i> dan <i>core</i> pada lantai	35

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar simulasi distribusi tegangan σ_{xx}	39
Lampiran 2. Gambar simulasi distribusi tegangan σ_{yy}	42
Lampiran 3. Perhitungan propertis komposit <i>sandwich</i>	45
Lampiran 4. Program <i>stress</i>	46
Lampiran 5. Program <i>bgrid</i>	57
Lampiran 6. Program <i>mesh</i> simulasi distribusi tegangan	8

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Program pemerintah untuk mengurangi jumlah kendaraan pribadi di daerah perkotaan sangatlah tepat. Banyak sekali dampak yang dapat ditimbulkan jika peningkatan jumlah kendaraan yang beroperasi tidak dibatasi. Salah satu dampak yang ditimbulkan adalah semakin menipisnya jumlah pasokan energi yang dibutuhkan kendaraan, terutama minyak bumi. Untuk merealisasikan program tersebut, salah satu solusi yang dapat diberikan adalah dengan memberdayakan angkutan publik sebagai pengganti kendaraan pribadi. Angkutan publik yang dimaksud haruslah memperhatikan tingkat kenyamanan penumpang dan tentunya hemat bahan bakar.

Dengan mereduksi jumlah kendaraan diharapkan mampu mengurangi konsumsi bahan bakar secara signifikan. Komponen kendaraan yang paling potensial untuk direduksi adalah komponen struktur utama (lantai, *body* dan *rib*). Salah satu pilihan yang bisa diambil untuk mereduksi berat kendaraan adalah mengganti material komponen struktur utama. Komponen struktur utama yang lama (aluminium dan besi) bisa digantikan dengan material baru yang lebih ringan, material yang dimaksud adalah komposit. Karena sifat komposit yang ringan, maka beban akibat konstruksi tersebut juga menjadi lebih ringan.

Kombinasi jenis *skin* dan *core* dilakukan untuk mencari sifat fisis-mekanis yang optimum. Sampah kota bisa dimanfaatkan sebagai bahan *core* karena ringan. Dengan menggunakan sampah kota akan mengurangi jumlah sampah yang ada, sehingga menimbulkan efek yang baik. Peningkatan yang lain adalah penerapan teknologi yang tepat guna dengan biaya yang cukup murah.

Dari keunggulan tersebut, maka sangatlah tepat jika struktur komposit *sandwich* ini diaplikasikan untuk pembuatan panel panel atap, dinding, dan lantai angkutan publik. Selama ini bagian tersebut masih dibuat dari logam yang harganya relatif mahal, dan diharapkan dapat digantikan dengan bahan komposit *sandwich*.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian tentang komposit *sandwich* merupakan hal yang sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut. Tugas akhir ini akan melakukan analisa secara numerik dengan menggunakan Metode Elemen Hingga, serta simulasi dimensi dua atas karakteristik material komposit *sandwich*, khususnya pada tegangan yang terjadi. Analisa tegangan meliputi pengujian tegangan dengan uji *bending* dan perhitungan dengan MEH. Pengujian dan perhitungan ini dapat dilakukan dengan model fisik maupun model simulasi numerik. Model fisik umumnya terbatas pada sampel uji yang relatif kecil sesuai dengan kapasitas alat uji, biayanya relatif mahal, perhitungan manual membutuhkan waktu yang lama dan ketelitiannya kurang. Keunggulan model simulasi diantaranya tidak perlu membuat spesimen uji secara real, hemat biaya, proses cepat dan lebih teliti.

Akibat perkembangan teknologi komputer yang semakin canggih, baik dari sisi *hardware* maupun *software* dan harganya pun relatif terjangkau, serta banyak bukti bahwa hasilnya mendekati model fisik, maka simulasi numerik berbasis komputer menjadi pilihan yang banyak dipakai. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat MATLAB dengan bantuan program FORTRAN.

1.2 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Material yang ditinjau adalah balok dengan bahan komposit berstruktur *sandwich*, yang diaplikasikan pada atap, dinding dan lantai mobil angkutan publik.
2. Tumpuan yang digunakan adalah tumpuan sendi pada ujung-ujung balok.
3. Asumsi beban yang bekerja adalah beban terpusat di tengah-tengah balok.
4. Asumsi berat balok sendiri diabaikan.

1.3 PERUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah karakteristik tegangan dan defleksi pada komposit *sandwich* dengan variasi *core* yang berbeda?

2. Bagaimanakah karakteristik tegangan dan defleksi pada komposit *sandwich* dengan variasi tebal *skin* dan *core*?

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mencari tegangan dan defleksi terbaik pada komposit *sandwich* dengan variasi jenis *core*.
2. Mencari ketebalan *skin* dan *core* yang optimum yang digunakan untuk pembuatan komposit *sandwich*.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan secara ilmiah kepada industri pembuat komposit *sandwich*. Bahwa penelitian ini dapat diterapkan pada rancangan panel berlapis komposit *sandwich* struktur *car body otomotif* (kereta api, mobil, kapal, dll).
2. Mengetahui kombinasi jenis material serta ketebalan *skin* dan *core* yang terbaik sehingga diperoleh karakteristik tegangan dan nilai defleksi komposit *sandwich* yang paling optimum.
3. Diharapkan penelitian dapat menjadi inspirasi untuk pemanfaatan dan pengembangan aplikasi MEFH dengan perangkat MATLAB ke bidang yang lebih luas.
4. Mempertajam khasanah ilmu pengetahuan dalam perkembangan teknologi komposit dan teknik pemrograman pada khususnya, serta sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

PT. Martee dan Prevost Car (2003) mengadakan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi berat bus. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa komponen yang paling potensial untuk direduksi adalah komponen struktur utama (atap, lantai dan *rib*). Komponen ini menjadi pilihan utama karena memiliki berat mencapai 20 persen dari berat total bus, sehingga diperoleh pengurangan berat yang signifikan. Konsep baru yang dikembangkan adalah mengganti material lama dengan material baru.

Venkata (2007) mengadakan penelitian tentang komposit *sandwich* dengan memuat permodelan 3D. Dilakukan variasi tebal *skin*, modulus *skin*, lebar *rib* dan modulus *rib* serta variasi pembebanan. Dari hasil simulasi diperoleh gambaran yang jelas setelah mengalami pembebanan dari berbagai variasi yang dilakukan. Hasil simulasi ini cukup rasional setelah dibandingkan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Penelitian tentang komposit struktur *sandwich* dengan variasi *core* yang ringan selalu berkembang. Li dan Jones (2007) mempelajari pengaruh impact kecepatan rendah terhadap komposit *sandwich* dengan variasi *core*. *Core* yang dipelajari adalah *gum kaet* dan *epoxy*. Dari hasil penelitian diketahui bahwa energi impact yang diserap oleh *core* karet lebih besar dari *epoxy*.

Volume sampah di kota-kota besar di Indonesia terus bertambah seiring meningkatnya jumlah penduduk perkotaan yang relatif masih tinggi. Jumlah sampah di Jakarta rata-rata 0,65 kg, Surabaya 0,52 kg, dan Bandung 0,50 kg/orang/hari. Dengan jumlah penduduk sekitar delapan juta jiwa, DKI Jakarta tiap hari diperkirakan menghasilkan 6.250 ton sampah atau sekitar 25.650 meter kubik. Jika diangkut dengan truk berkapasitas lima ton, bisa dibayangkan 1.250 truk antri mengangkut ke tempat-tempat pembuangan sampah akhir. (Kompas, 2 Desember 2004). Belum lagi masalah kesehatan yang ditimbulkan terkait dengan pengelolaan sampah tersebut. Lebih dari 25 jenis penyakit terkait langsung dengan pengelolaan sampah yang buruk. Sehingga pengelolaan sampah yang tidak benar

dapat mengakibatkan bencana bagi kesehatan publik, polusi udara, pencemaran air, hambatan bagi kegiatan kota, serta menjatuhkan nilai dan kualitas sarana kota yang ada. (Pikiran Rakyat, 2 April 2005).

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Kajian Teori Komposit

Material suatu struktur dapat dikelompokkan dalam empat kategori dasar, yaitu : logam, *polymer*, keramik dan komposit. Komposit dapat didefinisikan sebagai rangkaian sistem material yang terdiri dari gabungan dua atau lebih unsur pokok makro yang berbeda bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain (Schwartz, 1984).

Walaupun banyak material yang mempunyai dua atau lebih bahan dasar, material tersebut bukan disebut komposit jika kesatuan strukturnya berbentuk pada tingkat mikroskopik. Penggabungan material yang berbeda ini bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Komposit terbentuk dari matrik, penguat, dan *filler* sebagai pengisi matrik. Penggabungan ini dapat dilakukan secara fisis maupun secara kimiawi. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain : kekuatan, kekakuan, ketahanan lelah, ketahanan bending, ketahanan kerosi, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi konduktivitas. Selain itu pembuatan komposit juga relatif mudah (Schwartz, 1984).

Komposit Sandwich

Komposit *sandwich* merupakan material yang tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari *flat composite* atau plat sebagai *skin* (lapisan permukaan) dan *core* pada bagian tengahnya. Banyak variasi definisi dari komposit *sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan, sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut serta kekakuan dari lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich* (Gupta, 2003).

Skin

Yang dimaksudkan *skin* disini adalah bagian terluar dari komposit *sandwich*, material atau bahannya dapat terbuat dari berbagai macam bahan yang dibentuk menjadi lembaran. Dalam struktur *sandwich* fungsi utama *skin* adalah sebagai pelindung bagian dalam struktur *sandwich* dari benturan atau gesekan dan juga untuk keperluan penampilan (*performance*) (Gibson,1994).

Berbagai jenis material dapat digunakan sebagai *skin*. Lembaran plat logam seperti aluminium, baja, titanium dan *polymer* diperkuat oleh serat merupakan beberapa contoh umum material yang biasa digunakan sebagai *skin*. Pemilihan jenis *skin* menjadi sangat penting dilihat dari sudut pandang dimana lingkungan kerja komponen tersebut akan digunakan. Korosi, karakteristik transfer panas, daya serap uap air (*moisture*) dan sifat-sifat yang lainnya dapat dikontrol dengan melakukan pemilihan material *skin* yang tepat (Gibson,1994). Sifat-sifat yang harus ada pada *skin* diantaranya:

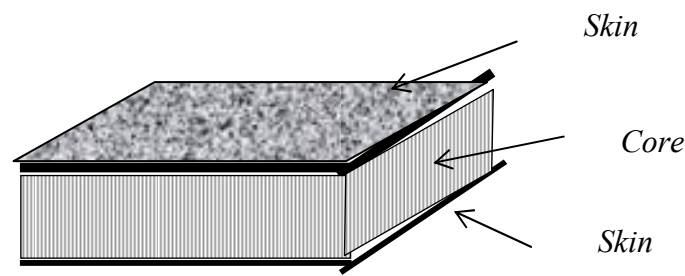
1. Kekakuan yang baik, namun memberikan kelenturan juga.
2. Kekuatan desak dan tarik yang baik.
3. *Impact resistance*
4. *Surface finish*
5. Tahan terhadap lingkungan (kimia, ultraviolet, panas dll).

Core

Berdasarkan persyaratan performanya, banyak sekali material yang bisa digunakan sebagai *core*. Material *core* yang digunakan dalam komposit *sandwich* secara umum dapat digolongkan:

- a. Berat jenis rendah, material padat : jiplan susunan struktur sel terbuka atau tertutup, balsa dan jenis kayu lainnya.
- b. Berat jenis medium diimbangkan dalam format selular : sarang lebah.
- c. Berat jenis tinggi, material diimbangkan dalam format berkerut.

Banyak sekali pilihan jenis *core* yang bisa digunakan dalam struktur *sandwich*, mulai dari kayu, *polyurethane* (PU), *polyvinylchlorida* (PVC), struktur *honeycomb*, dan lain sebagainya (Gibson,1994).



Gambar 2.1. Penampang komposit *sandwich* (Istanto, 2007)

Jika digunakan bahan perekat untuk menggabungkan *skin* dan *core*, maka lapisan bahan perekat dapat dipertimbangkan sebagai komponen tambahan dalam material tersebut. Ketebalan lapisan perekat dapat diabaikan karena jauh lebih kecil dari ketebalan *skin* maupun *core*. Karakteristik komposit *sandwich* tergantung pada sifat dari *core* dan *skin*, ketebalan masing-masingnya serta karakteristik *interfacial* antara *core* dan *skin* (Gupta, 2003).

Serat Gelas

Serat gelas banyak digunakan sebagai bahan penguat polimer dan komposit. Keuntungan pemakaian serat gelas adalah harganya murah, kekuatan tarik tinggi, tahan terhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik. Sedangkan kekurangan serat gelas adalah modulus tariknya rendah, massa jenis relatif tinggi dan sensitif terhadap gesekan (Gibson, 1994).

Jenis-jenis serat gelas :

a) *E-Glass*

Serat *E-Glass* adalah salah jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini memiliki kemampuan bentuk yang baik.

Kelebihan *E-Glass* adalah :

- kekuatan dan kekakuan tinggi
- isolator yang baik
- densitas rendah
- tahan panas, bahan kimia dan kelembaban
- harganya relatif murah

Kekurangan *E-Glass* adalah :

- modulus tariknya rendah

- densitasnya lebih tinggi dibanding serat karbon dan serat organik

b) *S-Glass*

Serat *S-Glass* adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan dan modulus elastisitas yang tinggi, juga tahan terhadap temperatur yang tinggi. Pada dasarnya serat jenis ini memiliki karakteristik yang hampir sama dengan *E-Glass*, namun memiliki kemampuan mekanik yang lebih baik dari *E-Glass*. Serat *S-Glass* harganya relatif lebih mahal dari *E-Glass*.

c) *C-Glass*

C-Glass adalah jenis serat yang memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan korosif yang tinggi. Namun memiliki kekuatan yang lebih rendah dari *E-Glass*. Harganya pun lebih mahal dari *E-Glass*.

Epoxy

Fenomena yang digambarkan dalam penelitian ini adalah *epoxy*. *epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermo set*. Bahan *epoxy* memiliki sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan kuat sekali. *Epoxy* sangat baik digunakan sebagai bahan matrik pada pembuatan komposit (Gibson, 1994). Secara umum *epoxy* memiliki karakteristik :

a) Mempunyai kemampuan mengikat paduan metalik yang baik.

Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan *hydrogen*. Gugus hidroksil ini dimiliki oleh oksida metal, dimana pada kondisi normal menempel pada permukaan metal. Keadaan ini menunjang terjadinya ikatan antara atom pada *epoxy* dengan atom yang berada pada permukaan material metal.

b) Ketangguhan

Kegunaan *epoxy* adalah sebagai bahan matrik, dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh.

Perhitungan komposit

Persamaan untuk menentukan kekuatan komposit adalah sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma_f v_f + \sigma_m v_m \quad (2.1)$$

Di mana σ_c : kekuatan komposit (MPa), σ_f : kekuatan serat (MPa), v_f : fraksi volum serat, σ_m : kekuatan matrik (MPa), v_m : fraksi volum matrik (Gibson, 1994).

Nilai modulus elastisitas dan poisson rasionya dapat dihitung dengan persamaan :

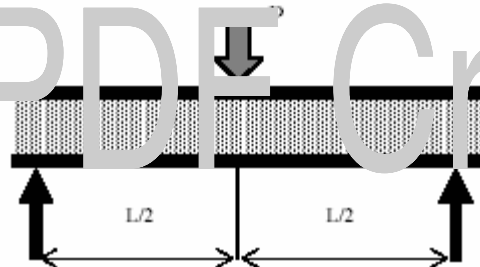
$$E_1 = E_f v_f + E_m v_m \quad (2.2)$$

$$\mu_{12} = v_f v_f + v_m v_m \quad (2.3)$$

Di mana E_1 : modulus elastisitas arah E_1 (MPa), μ_{12} : poisson rasio arah 1-2.

2.2.2 Kekuatan *Bending*

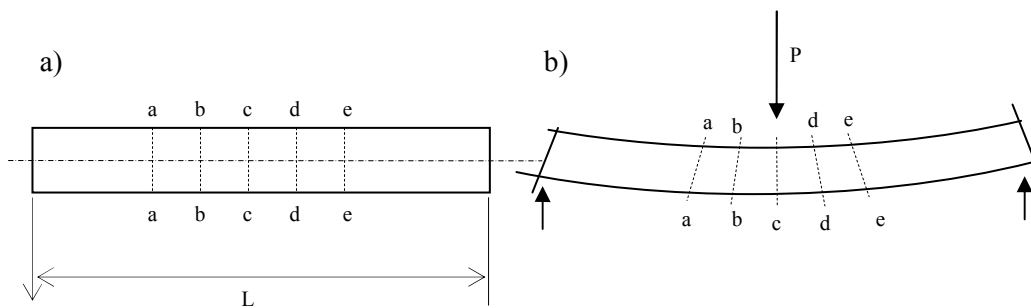
Kekuatan *bending* adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material, dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material tersebut (Istanto, 2007).



Gambar 2.2 Pengujian *Three point bending* panel komposit sandwich (Istanto, 2007)

Akibat pengujian *bending*, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi daripada tegangan tariknya. Kegagalan yang terjadi akibat pengujian *bending*, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima (Istanto, 2007).

Defleksi yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan pada bagian tengah balok dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3. Defleksi pada balok *sandwich* (Istanto, 2007)

Dari gambar 2.3b di atas dapat kita lihat bahwa deformasi yang terjadi akibat pengujian *bering* pada balok dengan tumpuan sederhana. Titik a, b, c, d dan e pada garis pusat lapisan permukaan, garis aa, bb, cc, dd dan ee terlihat mengalami peputaran, tetap terlihat garis tengah pusat pembebanan sebagai titik pusat defleksi, masih terlihat jelas tegak lurus terhadap sumbu pusat. Hal ini memperlihatkan bahwa lapisan atas mengalami tekanan dan bagian bawah mengalami tegangan tarik (Istanto 2007).

2.2.3 Teori Elastisitas

Tegangan (*Stress*) dan Regangan (*Strain*)

Tegangan (σ) merupakan intensitas gaya per satuan luas. Secara matematis ditulis :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (\text{N/m}^2) \quad (2.4)$$

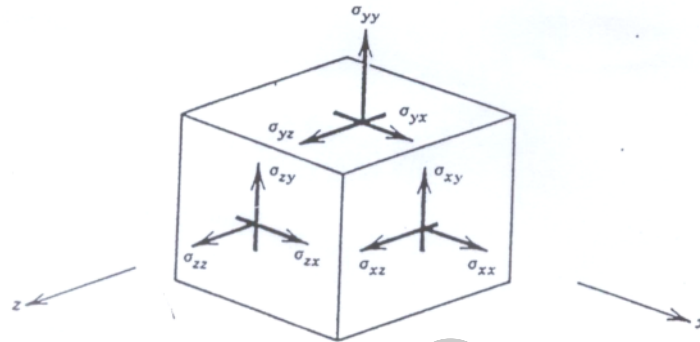
Dimana P = beban yang diberikan tegak lurus terhadap penampang spesimen (N).
 A = luas penampang awal sebelum beban diberikan (m^2).

Regangan (ϵ) merupakan deformasi (perubahan bentuk) akibat tegangan yang bekerja. Secara matematis ditulis :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.5)$$

Dimana Δl = perpanjangan (pertambahan panjang), l_o = panjang awal sebelum beban diberikan (Tipler, 1998).

Komponen-komponen tegangan dihasilkan oleh gaya dalam (*internal forces*) untuk meniadakan gaya-gaya dari luar (*external forces*). Pada gambar 2.4. menunjukkan enam komponen *stress*.



Gambar 2.4. Enam komponen tegangan (Segerlind, 1984)

Komponen *stress* bernilai positif jika searah dengan koordinat positif, dan sebaliknya. Enam komponen *stress* diletakkan di dalam vektor kolom $\{\sigma\}$.

$$\{\sigma\}^T = [\sigma_{xx} \quad \sigma_{yy} \quad \sigma_{zz} \quad \tau_{xy} \quad \tau_{xz} \quad \tau_{yz}] \quad (2.6)$$

Aplikasi pembebanan pada benda padat menyebabkan perubahan bentuk (deformasi). Masing-masing titik pada benda berpindah menempati lokasi yang baru (Segerlind, 1984).

Enam komponen regangan (*strain*) didefinisikan untuk mempelajari deformasi suatu benda. Karena deformasi suatu benda dapat dihasilkan dari aplikasi pembebanan dan atau perubahan thermal, maka komponen regangan dapat dipisahkan menjadi regangan elastis dan thermal. Tiga komponen regangan antara lain regangan total $\{e\}$, regangan elastis $\{\varepsilon\}$, dan regangan thermal $\{\varepsilon_T\}$ (Segerlind, 1984).

$$\{e\}^T = [e_{xx} \quad e_{yy} \quad e_{zz} \quad e_{xy} \quad e_{xz} \quad e_{yz}] \quad (2.7)$$

$$\{\varepsilon\}^T = [\varepsilon_{xx} \quad \varepsilon_{yy} \quad \varepsilon_{zz} \quad \varepsilon_{xy} \quad \varepsilon_{xz} \quad \varepsilon_{yz}] \quad (2.8)$$

$$\{\varepsilon_T\}^T = [\alpha \delta T \quad \alpha \delta T \quad \alpha \delta T \quad 0 \quad 0 \quad 0] \quad (2.9)$$

Dimana α adalah koefisien muai kalor dan δT adalah perubahan temperatur.

$$\{e\} = \{\varepsilon\} + \{\varepsilon_T\} \quad (2.10)$$

Elastisitas

Elastisitas adalah kemampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk awalnya ketika gaya luar yang diberikan pada benda tersebut dihilangkan.

Modulus elastisitas (E) sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan regangan. Secara matematis ditulis :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.11)$$

Hukum Hooke's

Persamaan umum hukum Hooke's dapat ditulis sebagai berikut :

$$\{\sigma\} = [D] + \{\varepsilon\} \quad (2.12)$$

Dimana $[D]$ adalah matriks sifat bahan, E adalah modulus elastisitas, μ adalah Poisson's ratio.

Koefisien matriks $[D]$ adalah :

$$[D] = \frac{E}{1+\mu} \begin{bmatrix} 1-\mu & \mu & \mu & 0 & 0 & 0 \\ \mu & 1-\mu & \mu & 0 & 0 & 0 \\ \mu & \mu & 1-\mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Dimana :

$$c = \frac{E}{1-2\mu} \quad (2.14)$$

$$1 - \frac{\mu}{1-2\mu} \quad (2.15)$$

$$c = \frac{1}{2} \quad (2.16)$$

Tegangan pada Bidang Datar (*Plane Stress*)

Plane stress dinyatakan untuk elastisitas benda yang sangat tipis dan tidak ada pembebanan yang searah dengan ketebalan benda. Komponen σ_{zz} , σ_{xz} , dan σ_{yz} sangat kecil sehingga dapat diabaikan nol (Segering, 1984).

Dengan mengubah persamaan 2.6, vektor tegangan untuk elemen dua dimensi dapat dituliskan menjadi :

$$\{\sigma\}^T = [\sigma_{xx} \quad \sigma_{yy} \quad \sigma_{xy}] \quad (2.17)$$

Regangan pada Bidang Datar (*Plane Strain*)

Dengan mengubah persamaan 2.7, 2.8 dan 2.9, vektor regangan untuk elemen dua dimensi dapat dituliskan menjadi :

$$\{e\}^T = [e_{xx} \quad e_{yy} \quad e_{xy}] \quad (2.18)$$

$$\{\varepsilon\}^T = [\varepsilon_{xx} \quad \varepsilon_{yy} \quad \varepsilon_{xy}] \quad (2.19)$$

$$\{\varepsilon_T\}^T = [\alpha \Delta T \quad \alpha \Delta T \quad 0] \quad (2.20)$$

Hukum Hooke's :

$$\{\sigma\} = [D] + \{e\} \quad (2.21)$$

Dengan demikian persamaan Hooke's untuk plane strain dapat diperoleh dengan menghilangkan baris dan kolom tiga, lima dan enam matriks $[D]$ persamaan 2.13. Sehingga diperoleh matriks :

$$[D] = \frac{E}{1+\mu} \begin{bmatrix} 1-\mu & \mu & 0 \\ \mu & 1-\mu & 0 \\ 0 & 0 & c \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

Dan hubungan regangan dan *displacement* yang terjadi dituliskan :

$$\{\varepsilon\} = [B] \{U^{(e)}\} \quad (2.23)$$

Matriks $[B]$ adalah matriks gradien untuk elemen segitiga.

$$[B] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_k & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_k \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_k & b_k \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

Dimana A adalah elemen luas bahan, b dan c adalah koefisien.

Matriks $\{U^{(e)}\}$ adalah matriks *displacement* nodal elemen.

$$\{U^{(e)}\} = \begin{bmatrix} U_{2i-1} \\ U_{2i} \\ U_{2j-1} \\ U_{2j} \\ U_{2k-1} \\ U_{2k} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

Distribusi Stress

Akibat gaya yang bekerja pada suatu benda, setiap bagian benda akan mengalami perpindahan (deformasi). Persamaan distribusi perpindahan setiap bagian benda dinyatakan dengan persamaan :

$$[K] \{u\} = \{F\} \quad (2.26)$$

Dengan $[k]$ adalah matriks bujur sangkar yang disebut matriks kekakuan, merupakan besarnya gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perpindahan satu-satuan. $\{u\}$ merupakan vektor kolom dengan komponen matriks berupa nilai nodal yang tidak diketahui, nilai nodal dapat berupa simpangan (deformasi) atau temperatur. Sedang $\{F\}$ berupa matriks kolom yaitu gaya yang bekerja pada nodal. Formulasi persamaan keseimbangan memperlihatkan bahwa besarnya $\{u\}$ berbanding lurus dengan $\{F\}$ (Segerlind, 1984).

Matriks kekakuan $[k]$ disusun dengan formulasi :

$$[k^{(e)}] = \int_v [B]^T [D] [B] dV \quad (2.27)$$

$$[k^{(e)}] = \int_A [B]^T [D] [B] t dx dy \quad (2.28)$$

Karena $[B]$, $[D]$ dan t bukan merupakan fungsi x dan y maka diperoleh :

$$[k^{(e)}] = [B]^T [D] [B] t \int_A dx dy \quad (2.29)$$

$$[k^{(e)}] = [B]^T [D] [B] t A \quad (2.30)$$

Dimana $[B]$ adalah matriks deformasi *node*, $[D]$ adalah matriks sifat bahan, A adalah elemen luas bahan dan t adalah elemen ketebalan bahan.

2.2.4 Kajian Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga (MEH) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950. sejak saat itu metode ini terus menerus dikembangkan. Sekarang ini metode elemen hingga sudah menjadi alat canggih yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai persoalan teknik dan dipakai secara luas serta diterima oleh banyak bidang industri. Perkembangan MEH didukung secara langsung oleh perkembangan teknologi komputer yang sangat cepat. Peningkatan kemampuan hitung komputer menyebabkan kemungkinan yang semakin besar untuk

melakukan analisis persoalan teknik yang besar dan lebih kompleks (Hidajat, 2005).

MEH merupakan suatu simulasi numerik untuk mendapatkan suatu hasil pendekatan, dari suatu masalah dengan syarat-syarat batas tertentu. Banyak dijumpai permasalahan yang berhubungan dengan perhitungan numerik. Pada suatu tingkat-tingkat permasalahan tertentu, penyelesaian tidak dapat diselesaikan dengan metode analitis, sehingga perlu digunakan pendekatan metode elemen hingga sebagai solusinya. Konsep MEH merupakan bagian-bagian kecil dari struktur aktual. Permodelan MEH hanyalah merupakan sebuah model elemen hingga “yang mungkin” pada struktur aktualnya (Hidajat, 2005).

Karakteristik MEH yang membedakan dengan prosedur numerik yang lain adalah :

1. MEH menggunakan penyelesaian integral untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.
2. MEH menggunakan fungsi-fungsi kontinyu sebagian (*continuous piecewise smooth functions*) untuk mendeteksi kuantitas atau beberapa kuantitas yang tidak diketahui.

Secara umum MEH terdiri dari lima langkah dasar :

1. Permasalahan fisik dibuat elemen-elemen kecil. Elemen-elemen tersebut ditandai dengan nomor elemen dan nomor titik nodal, termasuk juga harga-harga koordinat.
2. Menentukan persamaan pendekatan : linear atau kuadratik. Persamaan harus dinyatakan dalam bentuk harga-harga nodal yang belum diketahui. Persamaan ditentukan untuk setiap elemen.
3. Menyusun sistem persamaan-persamaan.
4. Menyelesaikan sistem persamaan-persamaan.
5. Menghitung besaran yang dicari. Besaran dapat berupa komponen-komponen tegangan, aliran panas, kecepatan fluida dan lain-lain.

Grid

Pembagian daerah menjadi subdaerah dapat dilakukan dengan membuat elemen segitiga atau elemen segiempat. Elemen segitiga atau elemen segiempat linear mempunyai banyak nodal yang sama dengan jumlah sudut-sudutnya.

Pembuatan *grid* tidak perlu terdiri dari elemen-elemen dengan bentuk dan ukuran yang sama, karena biasanya dalam suatu daerah terdapat sebagian yang perubahan harga nodalnya kecil atau relatif konstan. Pada daerah dimana terjadi perubahan nilai nodal yang besar perlu digunakan elemen-elemen berukuran kecil (Hidajat, 2005).

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

BAB III METODE PENELITIAN

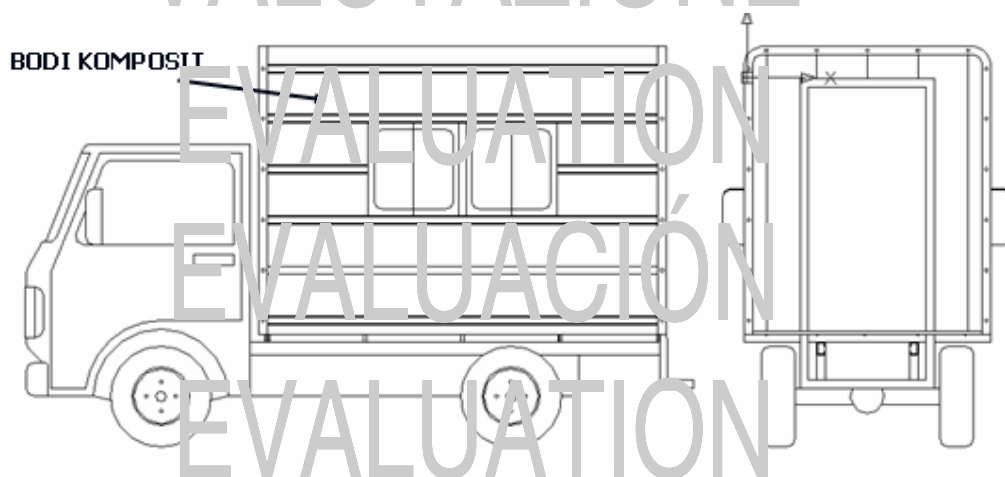
3.1 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.1 Alat-alat yang digunakan

1. Komputer dengan spesifikasi :
 - Prosesor Pentium IV 2.4 GHz
 - Memori 128 MB
2. Perangkat lunak *Microsoft Fortran Power Station 4.0*
3. Perangkat lunak *Matlab701*
4. Perangkat lunak *Micosoft Office XP Professional*.
5. Printer

3.1.2 Bahan yang digunakan

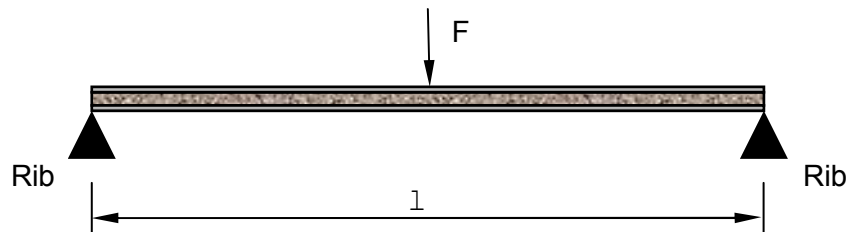
1. Bahan berupa literatur berisi hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan tugas akhir yang sedang dikerjakan .
2. Buku-buku referensi dan jurnal-jurnal perantara penelitian.
3. Objek yang diteliti berupa komposit *sandwich*, skin berupa komposit dengan matrik *epoxy* dan serat gelas. Sedang *core*-nya adalah sampah kota.



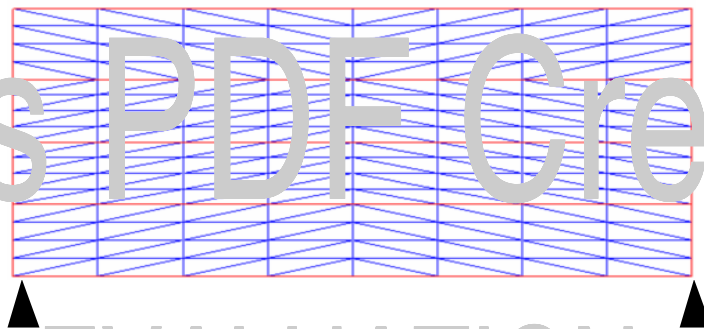
Gambar 3.1. *Body* mobil angkutan publik secara keseluruhan.

Pembebanan pada panel komposit

Pembebanan pada panel-panel atap, dinding dan lantai diasumsikan sebagai beban terpusat. Dua buah *rib* sebagai tumpuan sendi pada ujung-ujung panel.



Gambar 3.2. Pembebanan pada panel atap, dinding dan lantai.



Gambar 3.3. Desain *mesh* pada panel atap, dinding dan lantai.

3.1.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membuat simulasi distribusi tegangan pada panel komposit *sandwich*. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode studi pustaka dengan langkah pelaksanaan secara garis besar sebagai berikut :

- Mengumpulkan literatur berupa hasil penelitian-penelitian terdahulu, buku-buku referensi, dan jurnal dari internet.
- Mempelajari literatur yang telah dikumpulkan.
- Membuat diskritisasi permasalahan.
- Membuat algoritma program.
- Menulis program dalam bahasa Fortran.
- Membuat geometri badan yang diteliti dengan perangkat Matlab.
- Menjalankan program.
- Memperbaiki kesalahan dalam pemrograman, yaitu :

Subroutine MODIFY memasukkan nilai nodal ke dalam sistem persamaan dengan metode penghapusan baris dan kolom. Dalam *subroutine* ini terdapat pernyataan READ.

Subroutine DCMPBD menguraikan matriks kekakuan global $[K]$ ke dalam bentuk matriks diagonal atas dengan metode Eliminasi Gauss.

Subroutine SLVBD menguraikan vektor gaya global dan menyelesaikan sistem persamaan dengan substitusi balik.

Program *bgrid*

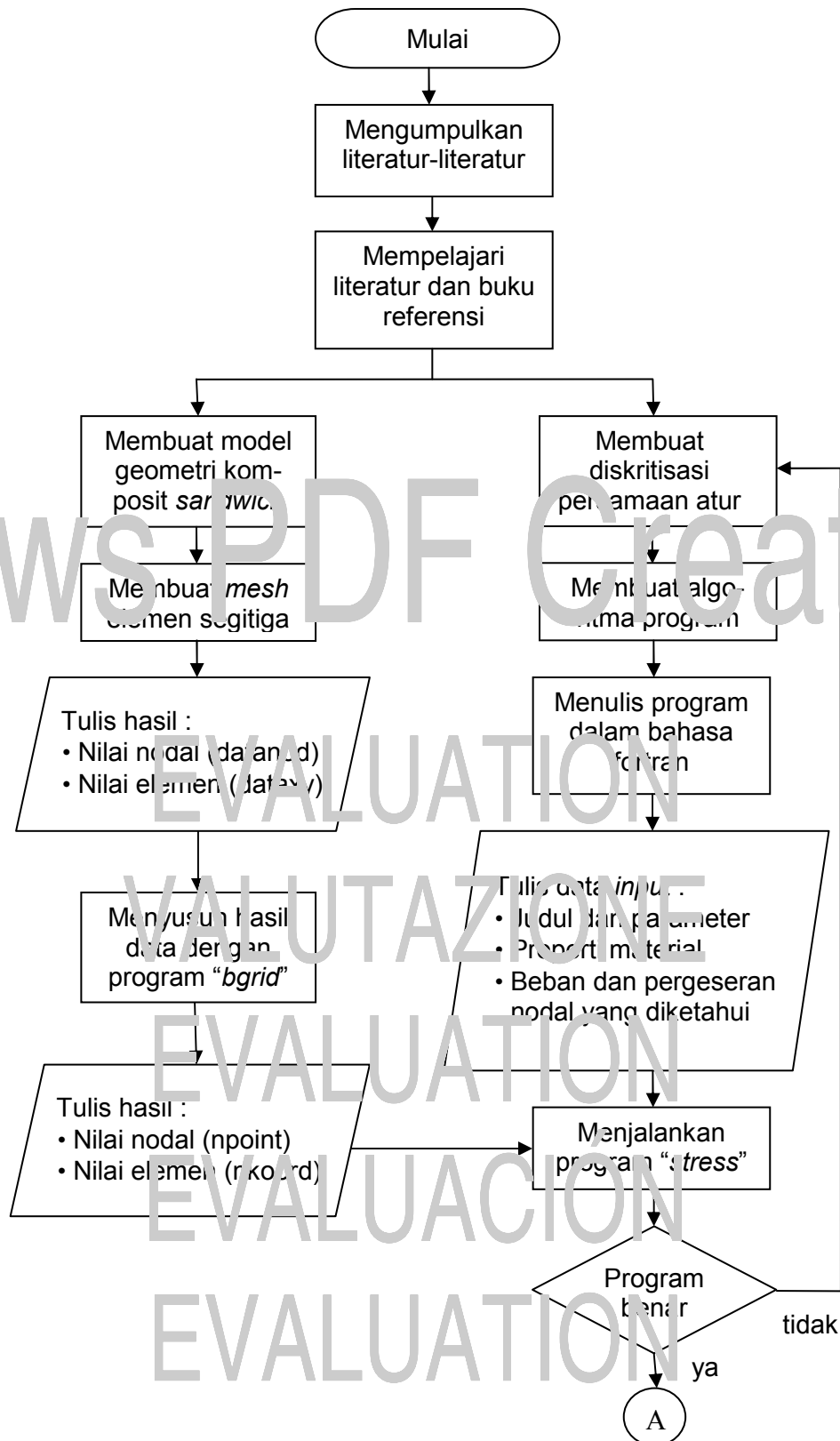
Program *bgrid* digunakan untuk menyusun kembali nilai nodal dan nilai elemen segitiga agar dapat dibaca untuk masukan program *stress*. *Input data* dari program *bgrid* berupa nomor nodal dan nomor elemen dari hasil *export* desain *grid* penampang komposit sandwich.

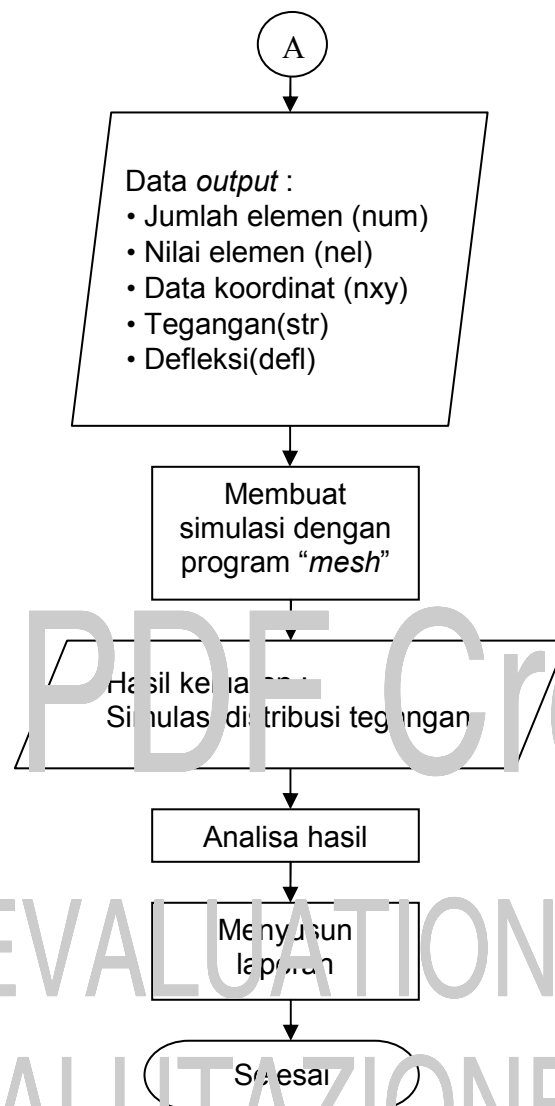
Program *mesh*

Program *mesh* digunakan untuk membuat simulasi distribusi tegangan dan defleksi. *Input data* dari program *mesh* distribusi tegangan adalah nomor nodal, nomor elemen dan nilai tegangan dari *output* program *stress*. *Output* program ini adalah gambar simulasi distribusi tegangan yang ditunjukkan dengan gradien warna.

3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Garis besar penelitian tersebut dapat dibuat diagram alir sebagai berikut :





Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 DATA ANGKUTAN PUBLIK

Dimensi kendaraan

Panjang	: 2.350 mm
Lebar	: 1.484 mm
Tinggi	: 1.600 mm

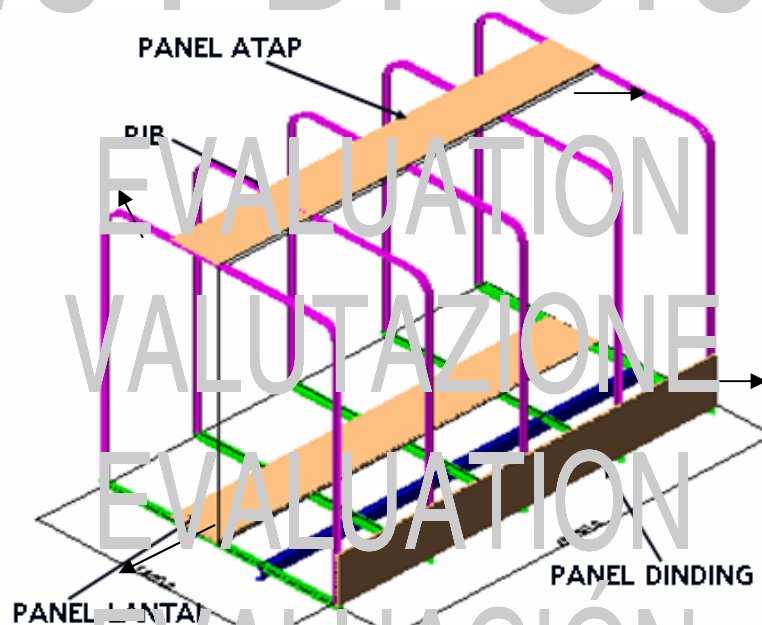
Desain beban

Massa kendaraan = 750 kg

Faktor beban = 1,5

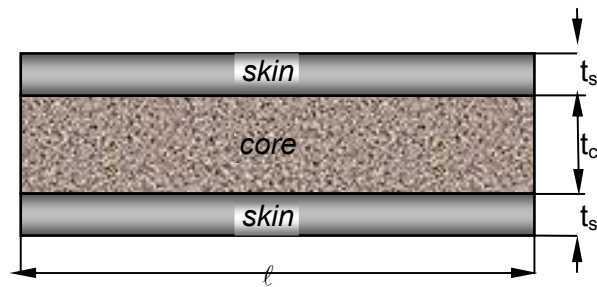
Percepatan gravitasi = $9,81 \text{ m/s}^2$

Beban aplikasi = $750 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,5$
 $= 11.036,25 \text{ N}$



Gambar 4.1. Panel komposit untuk atap, dinding dan lantai

Struktur badan kendaraan terdiri dari lima buah *rib*. *Rib* 1 di depan, *rib* 5 di belakang dan *rib* 2, 3 dan 4 di tengah. Struktur komposit yang menyusun atap dan lantai kendaraan adalah sebagai berikut :

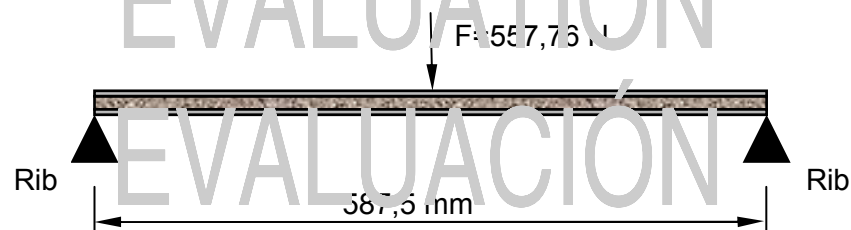


Gambar 4.2. Struktur komposit penyusun atap, dinding dan lantai.

Bahan atap, dinding dan lantai kendaraan terbuat komposit *sandwich* dengan ketebalan 15 mm. Komposit *sandwich* ini terdiri dari *skin* dan *core*. Bahan *core* akan divariasikan menjadi beberapa jenis karakteristik. Ketebalan *skin* dan *core* juga akan divariasikan untuk memperoleh panel komposit yang paling optimum untuk pembuatan atap, dinding dan lantai kendaraan. Variasi ketebalan *skin:core:skin* antara lain, variasi 1 (3mm:9mm:3mm), variasi 2 (4mm:7mm:4mm) dan variasi 3 (5mm:5mm:5mm).

4.1.1 DESAIN BEBAN ATAP

Atap mempunyai di atas 5 buah *rib* dengan jarak antar *rib* adalah 587,5 mm. Beban atap adalah sama dengan beban seluruh *rib* (beban aplikasi) yaitu sebesar 11.036,25 N. Luas atap adalah $3,48 \times 10^6 \text{ mm}^2$, sehingga beban atap tiap mm^2 nya adalah 3,16 KPa. Lebar tiap panel atap adalah 300 mm, sehingga luas tiap panel atap adalah $1,76 \times 10^5 \text{ mm}^2$. Jadi beban tiap panel atap antara dua *rib* adalah 557,76 N.



Gambar 4.3. Desain beban atap untuk aplikasi MEH.

Variasi ketebalan *skin:core:skin* untuk panel atap kendaraan, variasi 1 (3mm:9mm:3mm), variasi 2 (4mm:7mm:4mm) dan variasi 3 (5mm:5mm:5mm).

Tabel 4.1. Bahan *skin* panel atap (Arofah, 2008)

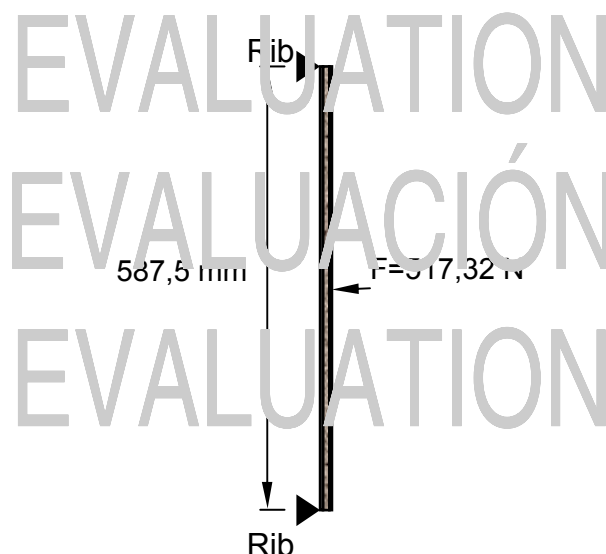
<i>Skin</i> (komposit serat gelas- <i>epoxy</i> , $w_f=0,4$)		
Propertis	Serat gelas	<i>Epoxy</i>
Modulus elastisitas (GPa)	86,81	4,6
<i>Poisson ratio</i>	0,23	0,36
Fraksi volum	0,45	0,55

Tabel 4.2. Bahan *core* panel atap (Arofah, 2008)

Variasi	Bahan	Modulus elastisitas (MPa)
1	Sampah kota tek=8T (102 kg/cm ²), $w_f=0,6$ org:anorg=70%:30%	1,0418
	Sampah kota tek=4T (51 kg/cm ²), $w_f=0,6$ org:anorg=70%:30%	0,35

4.1.2 DESAIN BEBAN DINDING

Dinding terdiri atas 5 buah *rib* dengan jarak antar *rib* adalah 587,5 mm. Beban dinding adalah sama dengan beban seluruh *rib* (beban aplikasi) yaitu sebesar 11.036,25 N. Luas dinding adalah $3,76 \times 10^6 \text{ mm}^2$, sehingga beban dinding tiap mm^2 nya adalah 2,93 KPa. Lebar tiap panel atap adalah 300 mm, sehingga luas tiap panel atap adalah $1,76 \times 10^6 \text{ mm}^2$. Jadi beban tiap panel atap antara dua *rib* adalah 517,32 N.



Gambar 4.4. Desain beban dinding untuk aplikasi MEH.

Tabel 4.3. Bahan *skin* panel dinding (Arofah, 2008)

<i>Skin</i> (komposit serat gelas- <i>epoxy</i> , $w_f=0,4$)		
Propertis	Serat gelas	<i>Epoxy</i>
Modulus elastisitas (GPa)	86,81	4,6
<i>Poisson ratio</i>	0,23	0,36
Fraksi volum	0,45	0,55

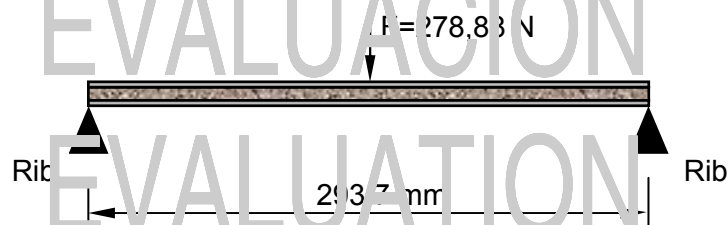
Tabel 4.4. Bahan *core* panel dinding (Arofah, 2008)

Variasi	Bahan	Modulus elastisitas (MPa)
1	Sampah kota tek=2T (25 kg/cm ²), $w_f=0,6$ org:anorg=70%:30%	0,3468
2	Sampah kota tek=4T (51 kg/cm ²), $w_f=0,6$ org:anorg=70%:30%	0,35

Variasi ketebalan *skin:core:skin* untuk panel dinding kendaraan, variasi 1 (3mm:9mm:3mm), variasi 2 (4mm:7mm:4mm) dan variasi 3 (5mm:5mm:5mm).

4.1.3 DESAIN BEBAN LANTAI

Lantai memanjang di atas 2 buah *rib* dengan jarak antar *rib* adalah 293,7 mm. Beban lantai adalah sama dengan beban seluruh *rib* (beban aplikasi) yaitu sebesar 11.036,25 N. Luas seluruh lantai adalah $3,48 \times 10^6$ mm², sehingga beban lantai tiap mm² nya adalah 3,16 KPa. Beban tiap panel lantai adalah 300 mm, sehingga luas tiap panel lantai adalah $8,51 \times 10^4$ mm². Jadi beban tiap panel lantai antara dua *rib* adalah 278,88 N.



Gambar 4.5. Desain beban lantai untuk aplikasi MEH.

Tabel 4.5. Bahan *skin* panel lantai (Arofah, 2008)

<i>Skin</i> (komposit serat gelas- <i>epoxy</i> , $w_f=0,4$)		
Propertis	Serat gelas	<i>Epoxy</i>
Modulus elastisitas (GPa)	86,81	4,6
<i>Poisson ratio</i>	0,23	0,36
Fraksi volum	0,45	0,55

Tabel 4.6. Bahan *core* panel lantai (Arofah, 2008)

Variasi	Bahan	Modulus elastisitas (MPa)
1	Sampah kota tek=8T (102 kg/cm ²), $w_f=0,6$ org:anorg=70%:30%	1,0418
	Sampah kota tek=4T (51 kg/cm ²), $w_f=0,6$ org:anorg=70%:30%	0,55

Variasi ketebalan *skin:core:skin* untuk panel lantai kendaraan, variasi 1 (3mm:9mm:3mm), variasi 2 (4mm:7mm:4mm) dan variasi 3 (5mm:5mm:5mm).

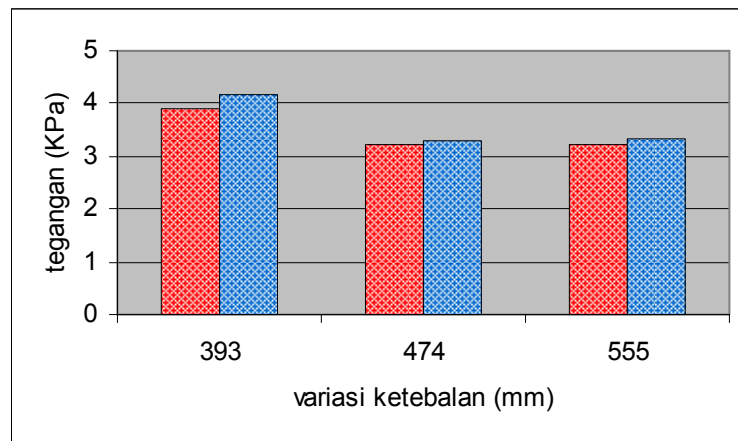
4.2 HASIL DAN ANALISA

4.2.1 ANALISA TEGANGAN

4.2.1.1 ANALISA TEGANGAN PADA ATAP

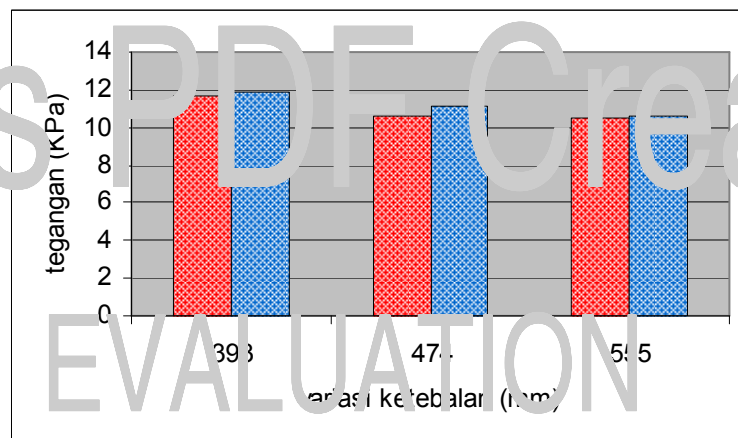
Dari hasil keluaran program *stress* diperoleh data nilai tegangan arah x dan y. Grafik hubungan tegangan dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* komposit pada panel atap dapat dilihat pada gambar 4.6. dan gambar 4.7. Sedangkan gambar simulasi distribusi tegangannya dapat dilihat di lampiran.

Dari gambar 4.6. terlihat komposit *core* 8T nilai tegangan maksimum sebesar 3,89 KPa pada ketebalan 297. Nilai tegangan minimum sebesar 3,20 KPa pada ketebalan 474. Pada komposit *core* 4T nilai tegangan maksimum sebesar 4,18 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 3,30 KPa pada ketebalan 474.



Keterangan: σ_x core 8T σ_x core 4T

Gambar 4.6. Hubungan tegangan arah x (σ_x) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada atap.



Keterangan: σ_y core 8T σ_y core 4T

Gambar 4.7. Hubungan tegangan arah y (σ_y) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada atap.

Dari gambar 4.7, dapat dilihat komposit *core* 8T mempunyai nilai tegangan maksimum sebesar 11,61 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 10,46 KPa pada ketebalan 555. Pada komposit *core* 4T nilai tegangan maksimum sebesar 11,91 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 10,62 KPa pada ketebalan 555.

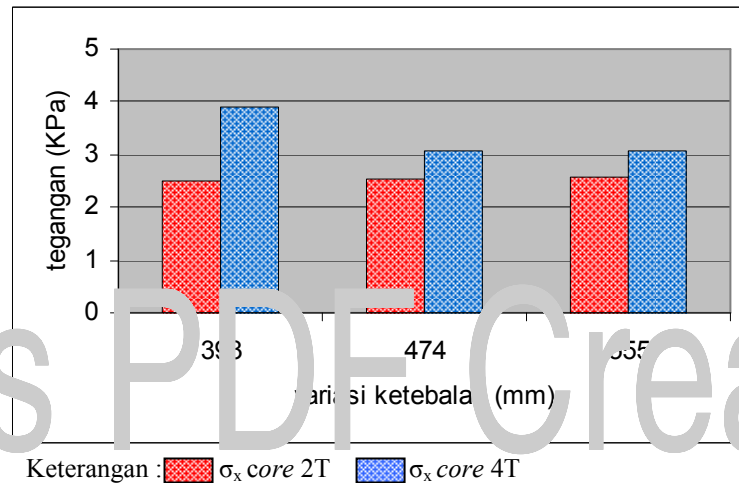
Untuk ketebalan yang sama, nilai tegangan maksimum komposit *core* 4T lebih besar daripada komposit *core* 8T. Hal ini disebabkan modulus elastisitas komposit *core* 4T (1,35 MPa) lebih besar dari komposit *core* 8T (1,04 MPa).

Pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*, nilai σ_x maksimumnya sebesar 851,62 KPa. Nilai σ_y maksimumnya 93,53 KPa. Dari kedua gambar di atas

terlihat σ_y maksimum lebih besar dari σ_x maksimum. Hal ini membuktikan *core* sampah kota mampu mereduksi σ_x jauh lebih besar daripada σ_y .

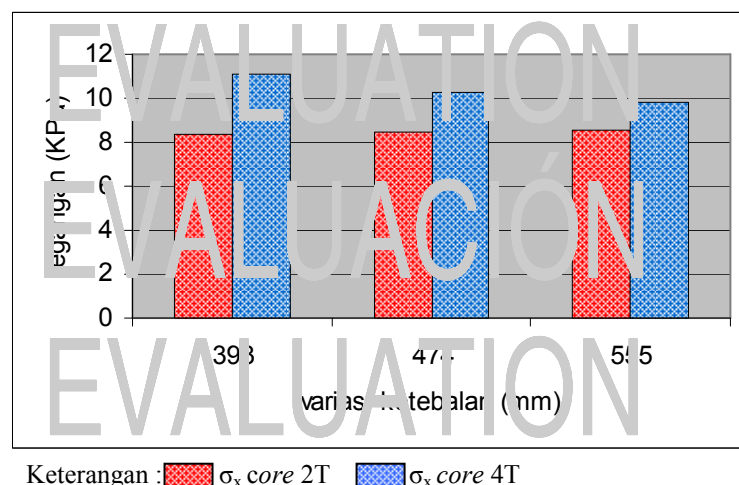
4.2.1.2 ANALISA TEGANGAN PADA DINDING

Grafik hubungan tegangan dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* komposit pada panel dinding dapat dilihat pada gambar 4.8. dan gambar 4.9.



Gambar 4.8. Hubungan tegangan arah x (σ_x) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada dinding.

Dari gambar 4.8. dapat dilihat nilai tegangan maksimum komposit *core* 2T sebesar 2,58 KPa pada ketebalan 555. Nilai tegangan minimum sebesar 2,51 KPa pada ketebalan 474. Pada komposit *core* 4T nilai tegangan maksimum sebesar 3,88 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 3,07 KPa pada ketebalan 474.



Gambar 4.9. Hubungan tegangan arah y (σ_y) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada dinding.

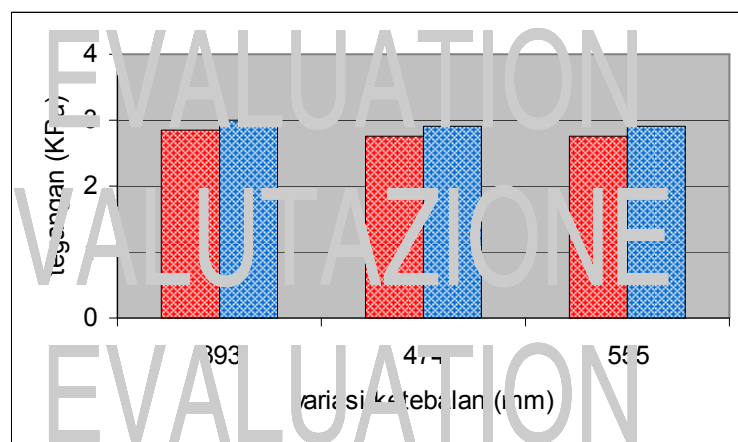
Dari gambar 4.9. dapat dilihat komposit *core* 2T mempunyai nilai tegangan maksimum sebesar 8,57 KPa pada ketebalan 555. Nilai tegangan minimum sebesar 8,40 KPa pada ketebalan 393. Pada komposit *core* 4T nilai tegangan maksimum sebesar 11,06 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 9,86 KPa pada ketebalan 555.

Untuk ketebalan yang sama, nilai tegangan maksimum komposit *core* 4T lebih besar daripada komposit *core* 2T. Hal ini disebabkan modulus elastisitas komposit *core* 4T (1,35 MPa) lebih besar dari komposit *core* 2T (0,34 MPa).

Pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*, nilai σ_x maksimumnya sebesar 790,41 KPa. Nilai σ_y maksimumnya sebesar 86,81 KPa. Dari kedua gambar di atas terlihat σ_y maksimum lebih besar dari σ_x maksimum. Hal ini membuktikan *core* sampah kota memang mereduksi σ_x jauh lebih besar daripada σ_y .

4.1. ANALISA TEGANGAN PADA LANTAI

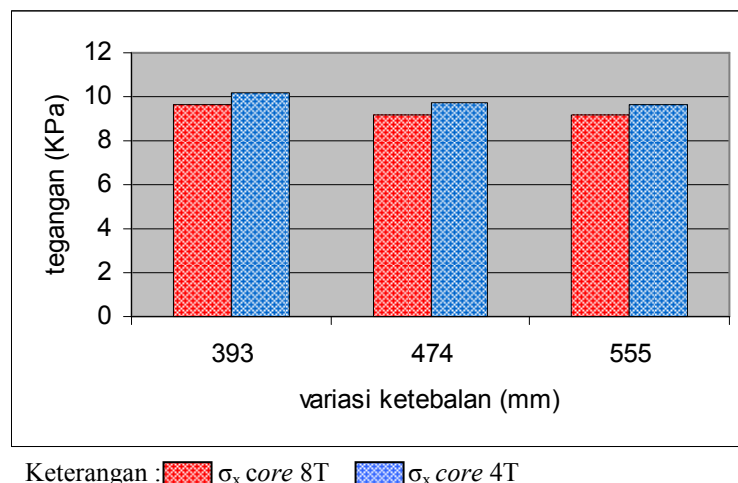
Grafik hubungan tegangan dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* komposit pada panel lantai dapat dilihat pada gambar 4.10. dan gambar 4.11.



Keterangan: σ_x core 8T σ_x core 4T

Gambar 4.10 Hubungan tegangan arah x (σ_x) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada lantai

Dari gambar 4.10. dapat dilihat nilai tegangan maksimum komposit *core* 8T sebesar 2,84 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 2,75 KPa pada ketebalan 555. Pada komposit *core* 4T nilai tegangan maksimum sebesar 3,00 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 2,89 KPa pada ketebalan 555.



Keterangan : ■ σ_x core 8T ■ σ_x core 4T
 Gambar 4.11. Hubungan tegangan arah y (σ_y) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada lantai.

Dari gambar 4.11. dapat dilihat komposit *core* 8T mempunyai nilai tegangan maksimum sebesar 9,63 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 9,15 KPa pada ketebalan 555. Pada komposit *core* 4T nilai tegangan maksimum sebesar 10,21 KPa pada ketebalan 393. Nilai tegangan minimum sebesar 9,64 KPa pada ketebalan 555.

Untuk ketebalan yang sama, nilai tegangan maksimum komposit *core* 4T lebih besar daripada komposit *core* 8T. Hal ini disebabkan modulus elastisitas komposit *core* 4T (1,35 MPa) lebih besar dari komposit *core* 8T (1,04 MPa).

Pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*, nilai σ_x maksimumnya sebesar 620,89 KPa. Nilai σ_y maksimumnya sebesar 17,42 KPa. Dari kedua gambar di atas terlihat σ_y maksimum lebih besar dari σ_x maksimum. Hal ini membuktikan *core* sampah kota mampu mereduksi σ_x jauh lebih besar daripada σ_y .

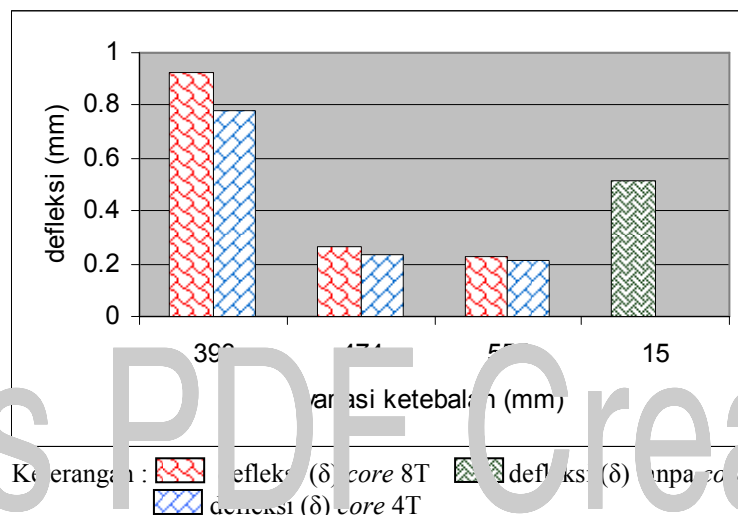
4.2.2 ANALISA DEFLEKSI

4.2.2.1 ANALISA DEFLEKSI PADA ATAP

Selain data tegangan arah x dan y, keluaran program *stress* juga diperoleh data nilai defleksi. Grafik kumpulan nilai defleksi dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* komposit pada panel atap dapat dilihat pada gambar 4.12.

Dari gambar 4.12. dapat dilihat semakin tebal *core* nilai defleksi maksimumnya semakin besar. Komposit *core* 8T mempunyai nilai defleksi

maksimum sebesar 0,92 mm pada ketebalan 393. Nilai defleksi minimum sebesar 0,22 mm pada ketebalan 555. Pada komposit *core* 4T nilai defleksi maksimum sebesar 0,78 mm pada ketebalan 393. Nilai defleksi minimum sebesar 0,21 mm pada ketebalan 555. Untuk ketebalan yang sama, nilai defleksi maksimum komposit *core* 8T lebih besar daripada komposit *core* 8T.



Gambar 4.12. Hubungan defleksi dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada atap.

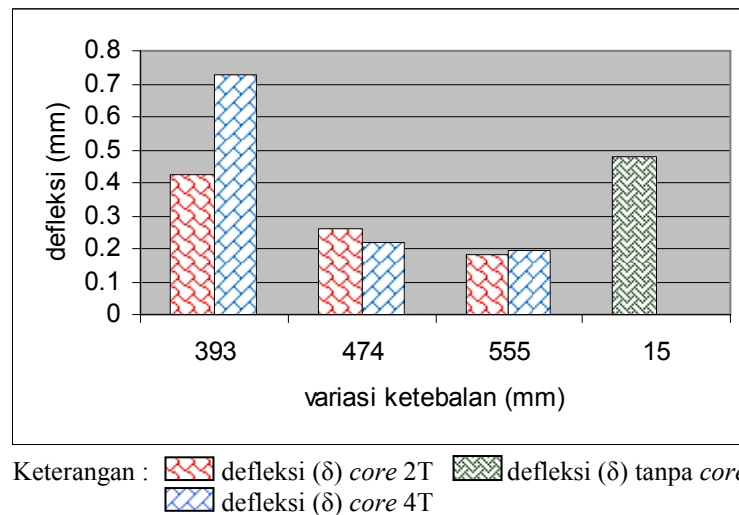
Pada komposit serat gelas *epoxy* tanpa *core*, nilai defleksi maksimumnya sebesar 0,51 mm. Komposit dengan ketebalan 393 ternyata tidak mampu menurunkan nilai defleksi maksimum pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*.

4.2.2.2 ANALISA DEFEKSI PADA DINDING

Grafik hubungan nilai defleksi dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* komposit pada panel dinding dapat dilihat pada gambar 4.13.

Dari gambar 4.13, komposit *core* 2T mempunyai nilai defleksi maksimum sebesar 0,42 mm pada ketebalan 393. Nilai defleksi minimum sebesar 0,18 mm pada ketebalan 555. Pada komposit *core* 4T nilai defleksi maksimum sebesar 0,72 mm pada ketebalan 393. Nilai defleksi minimum sebesar 0,19 mm pada ketebalan 555. Semakin tebal *core* defleksi maksimumnya semakin besar.

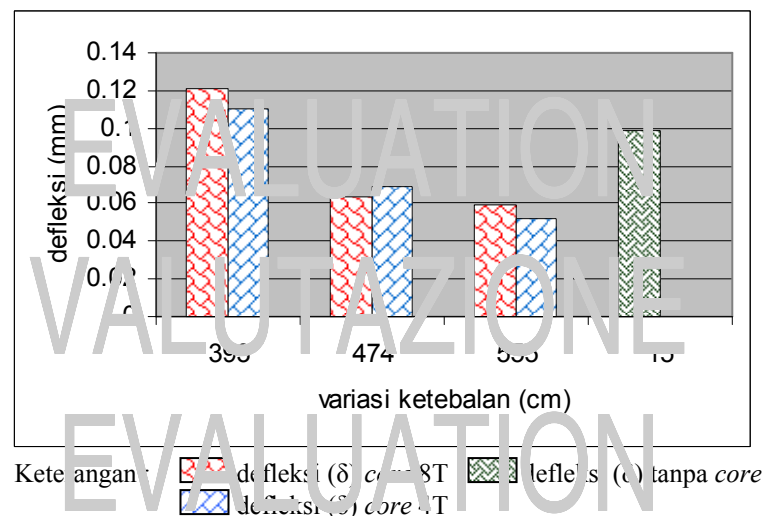
Pada komposit serat gelas *epoxy* tanpa *core*, nilai defleksi maksimumnya sebesar 0,47 mm. Komposit *core* 2T dengan ketebalan 393 ternyata tidak mampu menurunkan nilai defleksi maksimum pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*.



Gambar 4.13. Hubungan defleksi (δ) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada dinding.

4.2.2.3 ANALISA DEFLAKSI PADA LANTAI

Grafik hubungan nilai defleksi dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* komposit pada panel lantai dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Hubungan defleksi (δ) dengan variasi ketebalan *skin* dan *core* pada lantai.

Dari gambar 4.14, komposit *core* 8T mempunyai nilai defleksi maksimum sebesar 0,12 mm pada ketebalan 393. Nilai defleksi minimum sebesar 0,06 mm pada ketebalan 555. Pada komposit *core* 4T nilai defleksi maksimum sebesar 0,11 mm pada ketebalan 393. Nilai defleksi minimum sebesar 0,05 mm pada ketebalan 555. Semakin tebal *core* defleksi maksimumnya semakin besar.

Pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*, nilai defleksi maksimumnya sebesar 0,10 mm. Komposit dengan ketebalan 393 ternyata tidak mampu menurunkan nilai defleksi maksimum pada komposit serat gelas-*epoxy* tanpa *core*.

Nilai defleksi maksimum pada lantai lebih kecil dari defleksi pada dinding dan atap. Hal ini disebabkan panjang panel dan beban yang bekerja pada panel lantai juga lebih kecil.

Jaws PDF Creator

EVALUATION
VALUTAZIONE
EVALUATION
EVALUACIÓN
EVALUATION

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan, pemrograman dan analisa data yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Beban pada panel atap adalah 557,65 N dengan panjang panel 587,5 mm. Beban pada panel dinding adalah 517,32 N dengan panjang panel 587,5 mm. Beban pada panel lantai adalah 278,82 N dengan panjang panel 293,7 mm.
2. Panel atap yang paling baik digunakan adalah variasi 555 *core* 8T karena jenis ini memiliki tegangan yang paling minimum (10,46 KPa) dan defleksi yang kecil (0,22 mm).
3. Panel dinding yang paling baik digunakan adalah variasi 555 *core* 2T karena jenis ini memiliki tegangan yang paling minimum (8,57 KPa) dan defleksi yang kecil (0,18 mm).
4. Panel lantai yang paling baik digunakan adalah variasi 555 *core* 8T karena jenis ini memiliki tegangan yang paling minimum (9,15 KPa) dan defleksi yang kecil (0,06 mm).
5. Nilai tegangan dan defleksi dapat direduksi dengan penambahan *core* sampai ke 8T pada komposit selang gelas-epoxy.

5.2. SARAN

1. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dapat digunakan bahan lain agar dapat diperoleh jenis bahan yang lebih baik dari penelitian ini.
2. Dibutuhkan rib yang kuat untuk menopang panel komposit sandwich ini saat diaplikasikan pada angkutan publik.
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu diaplikasikan pada bidang lain selain angkutan publik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arofah, Dwi, 2008. *Pengaruh Variasi Tekanan Pengepresan Core Sampah Kota Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich*, UNS Surakarta.
- Avinanta, T., 2000. *Programming In Fortran*, Lecture Notes.
- Bismo, Setijo, 2008. *Pemrograman Fortran Dan Analisis Galat*, Fakultas Teknik UI, Jakarta.
- Crocker, J., dkk., 2003. *Intercity Bus Weight Reduction Program Phase II*, Transportation Development Centre, Canada.
- Fachruddin, Imam. 2008. *Pengantar Fortran 90*, Deperatemen Fisika UI, Jakarta.
- Gibson, O. F., 1994. *Principles of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Haliday dan Resnick, 1991. *Fisika Jilid I, Terjemahan*, Erlangga: Jakarta.
- Hidajat, R. L. L., 2005. *Teori dan Penerapan Metode Elemen Hingga*, UNS Press: Surakarta.
- Istanto, 2007. *Pengaruh Orientasi Serat dan Tebal Core terhadap Peningkatan Kekuatan Bending dan Impak Komposit Sandwich GFRP dengan Core PVC*, UNS Surakarta.
- Kompas, 2 Desember 2004. *Penanganan Sampah di Daerah Hulu*.
- Li dan Jones, 2007. *Failure Mechanisms of Composite Sandwich Structures*. New York, USA.
- Pikiran Rakyat, 2 April 2005. *Tuntaskan Pengolahan Sampah Kota*.
- Santoso, T. B. dan Huda, Mithul, 2008. *Dasar-Dasar Operasi Matlab*. Modul Praktikum Sinyal dan Sistem.
- Schwartz, M.M., 1984. *Composite Materials Handbook*, Mc. Graw Hill Book Company.
- Segerlind, L. J., 1937. *Applied Finite Element Analysis*, John Willey & Sons Inc., USA.
- Tipler, P.A., 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan)*, Erlangga: Jakarta.

Venkata, Dinesh, 2007. *Composite Sandwich Structur with Grid Stiffened Core*.
Osmania University: India.

Jaws PDF Creator

EVALUATION

VALUTAZIONE

EVALUATION

EVALUACIÓN

EVALUATION